

АНТИОКСИДАНТНІ І ДЕЗІНТОКСИКАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ БУГАЙЦІВ ТА ПРИРОСТИ МАСИ ТІЛА ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ ХРОМУ В РАЦІОНІ

М. М. Хомин

Інститут біології тварин НААН

Наведено експериментальні дані щодо впливу добавок хлориду Хрому на антиоксидантний статус та дезінтоксикаційні процеси в організмі бугайців у період відгодівлі з 13- до 22-місячного віку. Встановлено, що включення до раціону тварин Хрому хлориду, з розрахунку 0,1 мг Cr/100 кг м.т./добу (II група) та 0,5 мг Cr/100 кг м.т./добу (III група), позитивно вплинуло на фізіолого-біохімічні показники крові тварин. Добавка з меншим вмістом Хрому (II група) у більшій мірі сприяла підвищенню активності каталази, СОД і ГП, вмісту вітаміну Е та зниженню концентрації ГПЛ і МДА у їх крові, що вказує на активуючий вплив Хрому на функціонування антиоксидантної системи організму тварин. У крові бугайців цієї групи зменшується концентрація вільних фенолів і підвищується вміст фенолглюкуронідів та фенолсульфатів. Добавки Хрому сприяли інтенсивності росту та збільшенню середньодобових приростів маси тіла бугайців II і III дослідних груп, відповідно, на 6,8 та 3,0 %.

Ключові слова: БУГАЙЦІ, ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ, АНТИОКСИДАНТНА СИСТЕМА, ПРИРОСТИ МАСИ ТІЛА

Як відомо, рівень годівлі та забезпечення надходження елементів живлення у межах норми, в т. ч. мінеральних елементів та умови утримання є основою реалізації прояву генетичного потенціалу, продуктивності, адаптаційних можливостей та репродуктивної здатності тварин [1–4]. Зокрема, важливе значення у цих процесах має такий біогенний елемент, як Хром (Cr^{+3}), дефіцит якого у кормах, вирощених у західному регіоні України, призводить до пригнічення обмінних процесів в організмі тварин і зниження їх продуктивності [3–5]. Цей елемент впливає на вуглеводний, білковий і ліпідний обміни, нормалізує чутливість організму тварин до глюкози та регулює метаболізм холестерину в крові [5–6]. За даними цих авторів Cr^{+3} є активатором деяких ферментів.

Тому метою роботи було вивчити механізми впливу трьохвалентного Хрому, дефіцитного у західному регіоні України біогенного елементу, який застосовувався у вигляді Хрому хлориду, на антиоксидантний та дезінтоксикаційний профілі організму бугайців та прирости їх маси тіла.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на поголів'ї великої рогатої худоби племзаводу «Зоря» Ковельського району Волинської області. Було сформовано 30 бугайців волинської м'ясної породи, аналогів за віком (13 міс), живою масою, лінійною характеристикою походження. Тварин розділили на три групи (контрольну і дві дослідні), по 10 голів у кожній. Всі групи бугайців утримувалися прив'язно впродовж дослідів на основному раціоні (ОР), що забезпечував потребу тварин в основних поживних речовинах [7]. На відміну від контролю, бугайці II дослідної групи отримували щоденно впродовж дослідного періоду з комбікормом добавку Хрому хлориду ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), з розрахунку 0,1 мг Cr/100 кг м. т./добу, а тварини III дослідної групи — у кількості 0,5 мг Cr/100 кг м. т./добу.

За періодами досліджень: на 10 добу підготовчого періоду, а також на 2, 4, 6 та 9 місяцях дослідного періоду від тварин з кожної групи брали зразки крові з яремної вени для визначення фізіолого-біохімічних показників. У зразках крові визначали: активність каталази і супероксиддисмутази (СОД) [8], глутатіонпероксидази (ГП) [9], фракційний склад фенолів [10]; у плазмі крові: вміст вітамінів А та Е [11]; у сироватці крові: концентрацію гідроперекисів ліпідів (ГПЛ) [12], малонового діальдегіду (МДА) [13]. Крім цього, контролювали масу тіла бугайців шляхом щомісячного їх зважування.

Отримані числові дані обробляли за допомогою стандартного пакету статистичних програм Microsoft EXCEL.

Результати й обговорення

Аналіз отриманих даних свідчить, що введення до раціону бугайців дослідних груп різної кількості Хрому хлориду сприяє незначному підвищенню у крові тварин активності каталази, СОД та ГП (табл. 1). Однак, вірогідні зміни відмічені лише на 9-му місяці згодовування Хрому хлориду у кількості 0,1 мг Cr/100 кг м. т./добу. Так, у крові бичків II дослідної групи підвищується активність СОД та ГП, відповідно, на 21,7 та 6,7 % ($p < 0,05$).

При цьому спостерігається зниження вмісту ГПЛ та МДА у крові тварин дослідних груп протягом періоду досліджень. Так, у бугайців II дослідної групи на 9-му місяці досліджень відмічено зниження у крові рівня ГПЛ на 16,9 % ($p < 0,01$) та МДА — на 7,6 % ($p < 0,05$). На відміну від бугайців II

групи, у тварин III дослідної групи, яким згодовували Хрому хлориду у кількості 0,5 мг Ст/100 кг м. т./добу, зниження ГПЛ спостерігалось на 4 та 9-му місяцях, відповідно, на 14,3 та 11,8 % ($p<0,05$), а МДА — на 2, 6 та 9-му місяцях, відповідно, на 4,5; 8,6 та 10,3 % ($p<0,05$).

Таблиця 1

Активність антиоксидантних ферментів і рівень показників перекисного окиснення ліпідів у крові бугайців, яким згодовували різну кількість Хрому ($M\pm m$, $n=3$)

Показник	Група	Періоди дослідження				
		підготовчий	дослідний, місяць згодовування			
			2	4	6	9
Каталаза, мМоль/мг білка/хв	I	2,60 $\pm$ 0,03	3,07 $\pm$ 0,08	3,29 $\pm$ 0,13	2,96 $\pm$ 0,12	2,88 $\pm$ 0,31
	II	2,71 $\pm$ 0,01	3,13 $\pm$ 0,018	3,35 $\pm$ 0,19	3,15 $\pm$ 0,23	2,97 $\pm$ 0,22
	III	2,59 $\pm$ 0,12	3,23 $\pm$ 0,160	3,37 $\pm$ 0,19	3,42 $\pm$ 0,10	3,08 $\pm$ 0,19
СОД, ум. од./мг білка	I	0,69 $\pm$ 0,05	0,70 $\pm$ 0,03	0,80 $\pm$ 0,10	0,80 $\pm$ 0,10	0,83 $\pm$ 0,03
	II	0,78 $\pm$ 0,02	0,79 $\pm$ 0,04	0,91 $\pm$ 0,10	0,96 $\pm$ 0,01	1,01 $\pm$ 0,05*
	III	0,71 $\pm$ 0,03	0,72 $\pm$ 0,01	0,83 $\pm$ 0,03	0,87 $\pm$ 0,03	0,94 $\pm$ 0,09
ГП, нМоль/хв/мг білка	I	42,67 $\pm$ 3,15	39,57 $\pm$ 1,27	40,64 $\pm$ 0,10	40,53 $\pm$ 0,15	39,87 $\pm$ 0,41
	II	43,44 $\pm$ 1,17	42,02 $\pm$ 0,76	39,90 $\pm$ 1,19	40,97 $\pm$ 1,76	42,55 $\pm$ 0,85*
	III	42,83 $\pm$ 0,80	42,96 $\pm$ 1,04	41,34 $\pm$ 1,13	44,51 $\pm$ 0,20	41,00 $\pm$ 1,05
ГПЛ, од.Е/мл	I	0,47 $\pm$ 0,01	0,51 $\pm$ 0,01	0,49 $\pm$ 0,01	0,56 $\pm$ 0,01	0,59 $\pm$ 0,01
	II	0,46 $\pm$ 0,03	0,51 $\pm$ 0,02	0,47 $\pm$ 0,01	0,54 $\pm$ 0,01	0,49 $\pm$ 0,03*
	III	0,48 $\pm$ 0,02	0,49 $\pm$ 0,01	0,42 $\pm$ 0,02*	0,56 $\pm$ 0,02	0,52 $\pm$ 0,02*
МДА, нМоль/мл	I	3,16 $\pm$ 0,10	3,30 $\pm$ 0,04	3,10 $\pm$ 0,04	3,37 $\pm$ 0,03	3,31 $\pm$ 0,04
	II	3,15 $\pm$ 0,02	3,34 $\pm$ 0,03	3,12 $\pm$ 0,02	3,32 $\pm$ 0,03	3,06 $\pm$ 0,05*
	III	3,11 $\pm$ 0,03	3,15 $\pm$ 0,03*	3,07 $\pm$ 0,03	3,08 $\pm$ 0,03**	2,97 $\pm$ 0,06**

Примітка: у цій і наступних таблицях вірогідність різниць між контролем (I) і тваринами дослідних (II, III) груп враховували * — $p<0,05$; ** — $p<0,01$

Зниження концентрації гідроперекисів ліпідів та малонового діальдегіду у крові тварин дослідних груп свідчить про інгібуючий вплив підвищеного рівня Хрому в раціоні на перекисні процеси в організмі бугайців.

Підвищення активності антиоксидантних ферментів, а отже пригнічення вільнорадикальних реакцій та зменшення накопичення продуктів ПОЛ за дії добавки у вигляді Хрому хлориду, вказує на зниження оксидативного стресу в організмі тварин дослідних груп.

Як відомо, застосування добавок вітамінів, мінеральних елементів та інших біологічно активних речовин у живленні сільськогосподарських тварин дозволяє підвищити буферну ємність системи антиоксидантного захисту, що сприяє підвищенню їх резистентності, адаптаційної здатності, продуктивності, інтенсивності росту і розвитку та збільшенню терміну промислового використання високопродуктивних тварин. Вищий генетичний рівень фізіологічної активності органів і систем високопродуктивних тварин прискорює інтенсивність старіння клітин та їх руйнування. Отже, старі клітини постійно замінюються молодими, а клітини, що вичерпали свій ліміт поділу, стають на шлях апоптозу. Таким чином, чим вищий рівень продуктивності, тим швидше проходить старіння клітин, швидше вони вичерпують свій ліміт поділу [14–16]. Дослідження останніх десятиріч, переконливо довели, що Хром впливає на тривалість життя і процеси старіння клітин, а, отже, і організму в цілому. Тварини, які отримують достатньо Хрому з раціоном живуть довше і підвищується антиоксидантний захист їх організму [14, 17].

Підтвердженням цих даних можна вважати підвищення антиоксидантного статусу організму бугайців дослідних груп, на що вказують результати, отримані при вивченні показників неферментативної ланки антиоксидантного захисту, а саме вітамінів А та Е. У крові бугайців II дослідної групи відмічається вищий їх вміст порівняно з аналогічними показниками у тварин контрольної групи (табл. 2). Так, на 4-му місяці згодовування добавки Хрому концентрація вітаміну А була вищою на 12,5 % ($p<0,05$), а вітаміну Е — на 4, 6 та 9-му місяцях згодовування добавки, відповідно, на 17,0; 36,1 та 21,8 %. Менш виражені зміни концентрації досліджуваних вітамінів спостерігали у крові тварин III дослідної групи. Так, згодовування Хрому хлориду у кількості 0,5 мг Ст/100 кг м. т./добу сприяло вірогідному підвищенню у крові вмісту лише вітаміну Е на 6 та 9-му місяцях згодовування, відповідно, на 20,5 та 12,1 %.

Таблиця 2

**Показники дезінтоксикаційної здатності організму бугайців,
яким згодовували різну кількість Хрому ($M \pm m$, $n=3$)**

Показник	Група	Періоди дослідження				
		підготовчий	дослідний, місяць згодовування			
			2	4	6	9
Вітамін А, мкмоль/л	I	0,817±0,045	1,131±0,136	1,448±0,050	1,286±0,193	1,180±0,032
	II	0,890±0,032	1,229±0,040	1,629±0,052*	1,292±0,164	1,225±0,073
	III	0,911±0,081	1,215±0,166	1,362±0,188	1,166±0,154	1,124±0,050
Вітамін Е, мкмоль/л	I	20,50±1,21	17,74±0,86	15,89±0,42	12,19±0,71	12,41±0,38
	II	19,81±0,88	19,97±0,95	18,55±0,68*	16,63±1,09*	15,14±1,07*
	III	18,84±0,33	19,11±1,03	17,07±0,79	14,73±0,21*	13,87±0,51*
Вільні феноли, мкмоль/л	I	14,65±1,38	17,67±0,36	18,98±1,14	19,52±0,72	18,06±1,04
	II	15,19±1,31	18,86±0,77	20,10±0,38	17,62±0,80	16,28±0,65
	III	16,38±0,46	20,14±0,68	22,34±1,12	22,83±0,80	18,22±0,43
Фенол- сульфати, мкмоль/л	I	20,41±0,74	20,80±1,13	19,48±1,19	22,02±0,81	21,44±0,87
	II	20,02±0,50	24,72±0,38*	23,92±1,44*	26,15±1,40*	28,54±1,53*
	III	21,59±0,76	22,26±1,38	24,19±0,71*	23,63±1,13	29,40±2,05*
Фенолглю- куроніди, мкмоль/л	I	40,51±1,95	48,08±3,33	51,32±2,73	53,57±2,95	49,15±2,10
	II	43,76±1,81	58,07±4,02	66,18±1,35**	64,15±2,81*	59,63±3,04*
	III	46,46±2,06	54,56±1,60	55,71±2,37	55,71±3,72	56,08±3,64

Добавки до кормів раціону бугайців Хрому хлориду впливали на фракційний склад фенолів у їх крові. Менша кількість Хрому (0,1 мг Сг/100 кг м. т./добу) сприяла зниженню у крові вмісту вільних фенолів на 6 та 9-му місяцях згодовування добавки. Натомість, вірогідно підвищувалась концентрація фенол сульфатів впродовж всього дослідного періоду, відповідно, на 18,8, 22,8, 18,7 та 33,1 % і фенолглюкуронідів — на 4, 6 та 9-му місяцях, відповідно, на 29,0, 19,7 та 21,3 %. Згодовування ж бичкам III дослідної групи більшої кількості Хрому хлориду (0,5 мг Сг/100 кг м. т./добу) не викликало вірогідних змін концентрації фенолів у їх крові щодо тварин контрольної групи. Отримані результати вказують на те, що нижчий вміст добавки Хрому до раціону бугайців сприяє підвищенню дезінтоксикаційних процесів в їх організмі, що зумовлено активацією функції печінки.

Покращення антиоксидантного статусу та підвищення дезінтоксикаційних процесів в організмі бугайців III та особливо II дослідних груп сприяло збільшенню приростів їх маси тіла (табл. 3). Так, маса тіла у бугайців II і III дослідних груп 22-місячного віку становила, відповідно, 427,3 і 419,2 кг, тоді як у їх ровесників з контрольної групи — 411,5 кг. Середньодобові прирости у дослідних бугайців були на 6,8 і 3,0 % вищими порівняно з контролем.

На думку інших авторів, Хром допомагає запобігти втраті м'язової тканини за згодовування тваринам навіть раціону з недостатньою калорійністю завдяки прискорення обміну речовин і спаленню лишнього жиру [15, 18].

Таблиця 3

Інтенсивність росту бугайців у віці 13–22 місяців ($M \pm m$, $n=8-9$)

Показник	Група		
	I	II	III
Маса тіла тварин на початок дослідів, кг	215,0±6,67	217,5±5,93	216,7±7,45
Маса тіла тварин на кінець дослідів, кг	411,5±8,80	427,3±8,11	419,2±6,48
Приріст маси тіла за період дослідів (285 дн.), кг	196,5±7,15	209,8±6,23	202,5±6,50
Середньодобовий приріст, г	689,5	736,1	710,5

Отже, включення до раціону бугайців II групи хлориду Хрому з розрахунку 0,1 мг Сг/100 кг м. т./добу сприяло підвищенню у крові активності ферментів антиоксидантної системи та концентрації вітамінів А і Е на тлі зниження вмісту ГПЛ і МДА та нормалізації фракційного складу фенолів. Обмінні процеси в організмі тварин були спрямовані на знешкодження вільних фенолів шляхом утворення парних сполук фенолглюкуронідів та фенолсульфатів. Покращення функціонування антиоксидантної системи та підвищення дезінтоксикаційних процесів у крові сприяло покращенню м'ясної продуктивності бичків.

Висновки

1. У крові бугайців, яким згодовували Хрому хлорид з розрахунку 0,1 мг Сг/100 кг м.т./добу (II група), на 4, 6 і 9-му місяцях його застосування спостерігалось підвищення вмісту вітаміну Е, відповідно, на 17,0, 36,1 та 21,8 %. Крім цього, на 9-му місяці зросла активність СОД на 21,7 % і ГП —

на 6,7 % на тлі зниження вмісту ГПЛ та МДА, відповідно, на 16,9 та 7,6 %. У крові тварин була нижча концентрація вільних фенолів та вірогідно ($p < 0,05$) зросла кількість фенолсульфатів і фенолглюкуронідів порівняно з тваринами контрольної групи.

2. Включення до раціону тварин Хрому хлориду з розрахунку 0,5 мг Cr/100 кг м.т./добу (ІІІ група) сприяло підвищенню на 6 і 9-му місяцях у крові бугайців вмісту вітаміну Е, відповідно, на 20,5 та 12,1 % на тлі зменшення на 4 та 9-му місяцях ГПЛ на 14,3 та 11,9 % і на 2, 6 і 9-му місяцях — МДА на 4,6, 8,6 та 10,3 %, відповідно.

3. У бугайців ІІ та ІІІ дослідних груп збільшувалися середньодобові прирости маси тіла, відповідно, на 6,8 та 3,0 %.

Перспективи подальших досліджень. Слід з'ясувати вплив різних кількостей та форм Хрому в раціоні великої рогатої худоби на інтенсивність росту молодняку після відлучення та якість яловичини у період відгодівлі.

М. М. Хомун

ANTIOXIDANT AND DETOXIFICATION PROCESSES IN THE ORGANISM BULLS AND GROWTH OF THE BODY WEIGHT ACCORDING TO THE LEVEL OF CHROME IN THE DIET

S u m m a r y

The data about the impact of Chromium chloride on antioxidant processes of cow's organism aged 13 to 22 months have been presented. It was found that addition of Chromium chloride (0,1 mg Cr/100 kg b. m./day) for group II and (0,5 mg Cr/100 kg b. m./day) for group III to the diet of animals during the experimental period had a positive impact on physiological and biochemical parameters of animal blood.

The addition of lower content of chromium to a greater extent, contributed to increased activity of catalase, SOD, GP, vitamin E and lower concentrations of GPL and MDA in their blood, which indicates the activating influence of Chromium on the functioning of antioxidant systems of animals. Thus, in the blood of bulls the concentration of free phenols and is decreasing the content of fenolglyukuronids and fenolsulfats is increases. Chromium supplements helped to increase daily weight gain of bulls of the II and III research groups in 6,8 and 3,0 %.

М. М. Хомин

АНТИОКСИДАНТНЫЕ И ДЕЗИНТОКСИКАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ БЫКОВ И ПРИРОСТЫ МАССЫ ТЕЛА ЗАВИСИМО ОТ УРОВНЯ ХРОМА В РАЦИОНЕ

А н н о т а ц и я

Приведены экспериментальные данные влияния добавок Хрома хлорида на антиоксидантный статус и дезинтоксикационные процессы в организме бычков в период откорма с 13- до 22-месячного возраста. Установлено, что включение в рацион животных хлорида Хрома из расчета, соответственно, 0,1 мг Cr/100 кг м. т./сутки (ІІ группа) и 0,5 мг Cr/100 кг м. т./сутки (ІІІ группа), положительно влияло на физиолого-биохимические показатели крови животных. Добавка с меньшим содержанием Хрома (ІІ группа), в большей степени способствовала повышению активности каталазы, СОД и ГП, содержанию витамина Е и снижению концентрации ГПЛ и МДА в их крови, что указывает на активирующее влияние Хрома на функционирование антиоксидантной системы организма животных. В крови бычков этой группы уменьшается концентрация свободных фенолов и достоверно повышается содержание фенолглюкуронидов и фенолсульфатов. Добавки Хрома способствовали увеличению показателей интенсивности роста и среднесуточного прироста массы тела бычков ІІ и ІІІ опытных групп, соответственно, на 6,8 и 3,0 %.

1. *Anderson R. A.* Stability and absoption of chromium and absoption of chromium histidinate complexes by humans / R. A. Anderson, M. M. Polonsky, N. A. Bryden // *Biol. Trace. Elem. Res.* — 2004. — Vol. 101. №3. — P. 211–218.
2. *Фисинин В.* Природные минералы в кормлении животных и птицы / В. Фисинин, П. Сурай // *Животноводство России.* — 2008. — № 9. — С. 62–63.
3. *Kegley E. B.* Chromium and cattle nutrition / E. B. Kegley, J. W. Spears // *J. Trace Elem. Exp. Med.* — 1999. — Vol. 12, № 2. — P. 141–147.
4. *Букалова Н. В.* Деякі аспекти екологічної чистоти виробництва м'ясних продуктів та мінімізації в них шкідливих для здоров'я людини речовин / Н. В. Букалова // *Екотрофологія. Сучасні проблеми. Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції.* — Біла Церква, 2005. — С. 133–136.
5. *Шаповал Г. С.* Механизмы антиоксидантной защиты организма при действии активных форм кислорода / Г. С. Шаповал, В. Ф. Громова // *Укр. біохім. журн.* — 2003. — Т. 75. — № 2. — С. 5–13.

6. Сологуб Л. І. Хром в організмі людини і тварин / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, Н. О. Бабич // Біохімічні, імунологічні та екологічні аспекти. — Львів : Євровіт, 2007. — 128 с.
7. Калашников А. П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие / А. П. Калашников, Н. И. Клейменов, В. Н. Баканов и др. — М. : Агропромиздат, 1985. — 352 с.
8. Чвари С. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах / С. Чвари, И. Чаба, Й. Секей // Лаб. дело. — 1985, №11. — С. 678–681.
9. Власова С. Н. Активность глутатионзависимых ферментов эритроцитов при хронических заболеваниях печени у детей / С. Н. Власова, Е. И. Шабунина, И. А. Переслегина // Лаб. дело. — 1990, № 8. — С. 19–22.
10. Палфий Ф. Ю. К методике определения фенолов в материале животного происхождения / Ф. Ю. Палфий, О. Г. Малик и др. // Доклады ВАСХНИЛ, 1974. — № 7. — С. 21–23.
11. Олексюк Н. П. Визначення вітамінів А і Е у біологічних матеріалах і кормах методом високоефективної рідинної хроматографії. Методичні рекомендації / Н. П. Олексюк, Л. Г. Левківська, Г. Г. Денис, Ю. Т. Салига. — Львів, 2007. — 20 с.
12. Волгин В. И. Изучение состава крови, молока и кормов. Методические рекомендации. ВАСХНИЛ, ВНИИРиГ с.-х. животных / В. И. Волгин, Л. С. Жебровский. Ленинград, 1974. — 173 с.
13. Владимиров Ю. А. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / Ю. А. Владимиров, А. И. Арчаков. — М. : Наука. — 1972. — 252 с.
14. Данчук В. В. Пероксидне окиснення у сільськогосподарських тварин і птиці / В. В. Данчук. — Кам'янець-Подільський : «Абетка». — 2006. — 191 с.
15. Мельщиков Е. Б. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Мельщиков, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков и др. — М. : Фирма «Слово». — 2006. — 551 с.
16. Снітинський В. В. Біологічна роль хрому в організмі людини і тварин / В. В. Снітинський, Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк та ін. // Укр. біохім. журн. — 1999. — Т. 71, № 3. — С. 5–9.
17. Anderson R. A. Nutritional factors influencing the glucose/insulin system: chromium R. A. Anderson // J. Am. Cell Nutr. — 1997. — Vol. 16. — P. 404–410.
18. Oze C. Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater C. Oze, D. Bird, S. Fendorf // Proc. Nut. Acad. Sci. USA. — 2007. — vol. 104, № 16. — P. 654–659.

Рецензент: завідувач сектору інтелектуальної власності та маркетингу інновацій, кандидат біологічних наук, с. н. с. Грабовська О. С.